

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-304664

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/42		G 0 2 B	6/42
	6/30			6/30
	6/32			6/32
H 0 1 S	3/18		H 0 1 S	3/18

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-118651

(22) 出願日 平成8年(1996)5月14日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 下田 毅

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

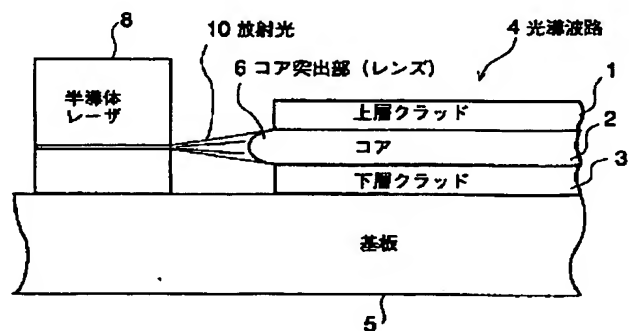
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光回路およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザと光導波路とを光学的に高効率に結合するためのレンズを形成して、低コスト化と、温度変化および振動衝撃などに対する高信頼性とを得ることができる光回路およびその製造方法を提供することである。

【解決手段】 基板5の一面上に半導体レーザ8と共に形成され半導体レーザ8から出射される放射光を受けて光学的に結合する石英系光導波路4の端面部分において、上層クラッド1および下層クラッド3を除去しコア2を露出してコア突出部(6)を形成し、次いで、このコア突出部(6)を熱によるリフローイング(Reflowing)によりレンズ機能を有する半球状に成形して、スポットサイズ変換機能レンズとしてのコア突出部(レンズ)6を形成している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリコン基板上に形成された石英系光導波路に半導体レーザから出射された放射光を光学的に結合する光回路において、前記石英系光導波路が、前記半導体レーザの放射光を受ける端面にレンズ機能を有する半球状の露出したコア突出部を有することを特徴とする光回路。

【請求項 2】 シリコン基板上に形成された石英系光導波路に半導体レーザから出射された放射光を光学的に結合する光回路の製造方法において、前記石英系光導波路で、前記半導体レーザの放射光を受ける端面部分のクラッドを除去しコアを露出してコア突出部を形成し、次いで、このコア突出部を熱によるリフローイング（Reflowing）によりレンズ機能を有する半球状に成形することを特徴とする光回路の製造方法。

【請求項 3】 請求項 2 において、前記半導体レーザの放射光を受ける端面部分のコア上部にマスクを予め設けたのち、クラッドを除去してコアを露出するエッチング工程を行なうことを特徴とする光回路の製造方法。

【請求項 4】 請求項 2 において、前記石英系光導波路における前記半導体レーザの放射光を受ける端面付近の前記シリコン基板表面を後工程の作業スペースに対応する所定量をエッチングにより予め除去したのち、クラッドを除去してコアを露出するエッチング工程を行なうことを特徴とする光回路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ネットワークシステムの送信機および受信機に使用され、シリコン基板上に形成された石英系光導波路に半導体レーザから出射された放射光を光学的に結合する光回路およびその製造方法に関し、特に、光導波路とこの光導波路に結合する半導体レーザなどとのスポットサイズが異なる構造の光学的結合において低コストおよび高信頼性を得ることができる光回路およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光通信システムの大容量化が進むと共に多機能の高度なシステムが求められる一方で、光ファイバネットワークの低コスト化の要求が強くなっている。その中で、光デバイスの小型化、高集積化、および低コスト化は必須の項目である。

【0003】例えば、双方向の通信システムに対しては、その必要性が高まり、家庭にまでも導入されることが望まれている。この双方向の通信システムを可能にする送信機および受信機には光デバイスが必要になるが、光送信機および光受信機を個別に構成していたのでは、光送受信器として大型化が避けられず、通信システムの普及の妨げになっている。従って、二つの機能を集積化した光デバイスによる光送受信器の出現が望まれている。

【0004】光送受信器の集積化を実現するため、半導体光源、半導体検出器、光ファイバなどの光部品と光導波路とを同一基板上で光学的に高効率に結合させる必要がある。このため、光部品と光導波路との両者のスポットサイズを整合し、また、検出器面に集光させるなどの光波の伝搬状態の制御が行なわれている。

【0005】一方のスポットサイズの整合には、光部品または光導波路が有する固有のスポットサイズそのものを光部品または光導波路の内部で変換する方法、若しくは光部品と光導波路との間にレンズを挿入してスポットサイズを変換する方法などがある。他方、検出器面に集光させるためにも、上記同様、レンズを挿入する方法が採用される。

【0006】スポットサイズそのものを光部品または光導波路の内部で変換する方法では、光部品または光導波路の構造、制作手順、材料などを変更する必要があり、この変更の結果、光部品または光導波路の特性の劣化またはコスト増などの種々の弊害が誘発される。一方、レンズを用いる方法は、光部品または光導波路の特性の劣化なしで、スポットサイズの変換および集光などを可能にする有効な手段である。

【0007】従来、この種の光回路には、図 6（A）に示されるように、上層クラッド 1、コア 2 および下層クラッド 3 により構成される光導波路 4 が基板 5 の一面上に形成され、光導波路 4 と他の基板 2 2 の一面上に形成された半導体レーザ 8 との間にバルク形のレンズ 2 1 を配置する構造がある。この構造では、バルク形のレンズ 2 1 を固定する際、高精度な配置のため多大な工数が必要となる。また、高精度な配置は、温度変化、振動衝撃に対する光軸変換角度または位置ずれに関する信頼性の確保も困難である。

【0008】また、図 6（B）に示される光回路は、先端に半球面を有する先球ファイバ 2 3 を先端に接続した光導波路 4 を、基板 2 4 の一面上に形成された V 溝 2 5 に先球ファイバ 2 3 を配して設置し、先球ファイバ 2 3 の先端を基板 2 2 上の半導体レーザ 8 と光結合させている。この構造でも、先球ファイバ 2 3 の高精度の配置を必要とし、更にサイズが大きくなるという問題点がある。

【0009】これらの背景から、図 6（C）に示されるような、基板 2 6 上で石英系部材をリフローイング（Reflowing）してリフローレンズ 2 7 を形成することによって、上記問題点を解決した光回路が、例えば、特開平 7-27947 号公報に提案されている。

【0010】このリフローレンズ 2 7 は、基板 2 6 上に光導波路 4 を形成する際に、堆積したレンズ母材を熱によってリフローイングして球形または凸形状に成形されている。このように、電子デバイスと同様なプロセスによりシリコン基板 2 6 上にリフローレンズ 2 7 が形成されるので、光導波路 4、リフローレンズ 2 7、および半

導体レーザ 8 で形成される光路に対する位置精度は高く、また、リフローレンズ 27 には個別の材料または層構造を必要としないので量産性にも優れ、低コスト化が可能である。更に、光導波路 4 と同一基板 26 上に固体素子として成形されるので温度変化および振動衝撃に対して信頼性が高い。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の光回路およびその製造方法では、リフローレンズのレンズ母材がクラッド部材を含めた光導波路と同程度の高さであるため、小さな曲率半径を得ることができない。一方、半導体レーザから出射される放射光は 30 度程度の広角度でひろがるため高効率な結合を得るためにはレンズに十分に小さな曲率半径が必要とされている。従って、上記リフローレンズでは十分に小さな曲率半径が得られず効率が悪いという問題点がある。

【0012】 また、上述したリフローレンズは平坦なシリコン基板上に堆積したレンズ母材を熱によってリフローイングして形成されている。そのレンズ形状はレンズ母材を支える基板の底面形状および加熱温度によって制御される。従って、所望のレンズ形状を得るために必要なレンズ母材を支える基板形状が平坦なので、レンズ形状の制御性は不十分であるという問題点がある。

【0013】 本発明の課題は、半導体レーザと光導波路とを光学的に高効率に結合するためのレンズを形成して、低コスト化と、温度変化および振動衝撃などに対する高信頼性とを得ることができる光回路およびその製造方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】 本発明による光回路は、シリコン基板上に形成された石英系光導波路に半導体レーザから出射された放射光を光学的に結合する光回路において、前記石英系光導波路が、前記半導体レーザの放射光を受ける端面にレンズ機能を有する半球状の露出したコア突出部を有している。

【0015】 また、本発明による光回路の製造方法は、シリコン基板上に形成された石英系光導波路に半導体レーザから出射された放射光を光学的に結合する光回路の製造の際、前記石英系光導波路において、前記半導体レーザの放射光を受ける端面部分のクラッドを除去しコアを露出してコア突出部を形成し、次いで、このコア突出部を熱によるリフローイング (Reflowing) によりレンズ機能を有する半球状に成形している。

【0016】 半球状に露出成形された上記コア突出部は、同一シリコン基板上に半導体レーザと共に形成される光導波路の端面に形成され、レンズ機能により半導体レーザの放射光を受けて集光すると共に光導波路の一部として光路上にあるので高効率の安定した光結合が得られる。

【0017】

【発明の実施の形態】 次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0018】 図 1 は本発明の実施の一形態を示す側面説明図である。図 1 に示された光回路では、上層クラッド 1、コア 2 および下層クラッド 3 により構成される光導波路 4 が基板 5 の一面上に半導体レーザ 8 と共に形成され、光導波路 4 のコア 2 の先端部の半球状をなすコア突出部 (レンズ) 6 が半導体レーザ 8 により出射される放射光 10 を受けて光導波路 4 に結合させている。

10 【0019】 光導波路 4 は、厚さ 10 μm の上層クラッド 1、厚さ 6 μm 、幅 6 μm のコア 2、および厚さ 10 μm の下層クラッド 3 による層構造を有し、クラッド部材には燐をドーブ (Dope) した石英系膜 (以後、PSG)、またコア部材にはゲルマニウムと燐とをドーブした石英系膜 (以後、GPSG) が使用されるものとする。基板 5 はシリコン (Si) を用い、レンズとなるコア突出部 6 はコア 2 の一部で、コア 2 と同一材料である。

20 【0020】 コア突出部 (レンズ) 6 は、光導波路 4 の端面部分でクラッド部材を除去しコア 2 を露出突出させ、この露出突出先を熱によるリフローイングを行うことにより半球状に形成されている。コア突出部 (レンズ) 6 の、レンズとしての曲率半径はリフローイングの温度および時間により制御することができ、この場合、レンズの曲率半径を 6 μm 以下に成形することができ、従って 30 度程度の広角度で出射される半導体レーザ 8 からの放射光 10 を高効率で結合することが可能になる。

30 【0021】 また、コア突出部 (レンズ) 6 は、コア 2 と同一部材であるので、低コストでの生産が可能である。更に、コア突出部 (レンズ) 6 では、光導波路 4 のコア 2 の端面部分がそのままレンズに成形され固体素子化されるので、レンズの位置精度は問題なく十分であり、温度変化および振動衝撃などに対して信頼性の極めて高い光回路が実現できる。

40 【0022】 なお、上記説明で光導波路を構成する各層の厚さおよび部材を示したが、層の厚さでは特に制約はなく、例えば、クラッド部材については PSG 以外に、GPSG、また、コア部材には、GPSG 以外に、ボロンおよび燐をドーブした石英系膜 (以後、BPSG)、並びにゲルマニウム、ボロンおよび燐をドーブした石英系膜 (以後、GBPSG) を使用してもよい。

【0023】

【実施例】 次に、上記実施の形態に対する製造方法について、第 1 の実施例として図 2 を参照して説明する。図 2 は図 1 のコア突出部 (レンズ) 6 の製造工程について示している。

50 【0024】 まず最初の工程は、図 2 (A) に示されるように、上層クラッド 1、コア 2 および下層クラッド 3 により構成される光導波路 4 を基板 5 の一面上に形成す

5

る。光導波路4の材料は、上述のように石英系材料であり、この石英系材料の堆積には化学気相堆積法（CVD法）、火炎堆積法（FHD法）、スパッタ法などが用いられる。上述のように、上層クラッド1および下層クラッド3にはPSG、G PSGなど、また、コア2にはG PSG、B PSG、G B PSGなどの石英系膜が用いられている。

【0025】次の工程は、図2（B）に示されるように、光導波路4の導波路端面7を形成する。導波路端面7は、反応性イオンエッチング（RIE）または、機械的研磨などによって形成される。

【0026】次の工程は、図2（C）に示されるように、導波路端面7の部分の上層クラッド1および下層クラッド3のクラッド部材を除去してコア突出部9を露出し形成する。クラッド部材の除去にはバッファードフッ酸などが用いられる。この際、エッチング部分以外の部分にはレジストなどがマスクのため用いられる。例えばクラッド部材をPSG、またコア部材をB PSGとし、バッファードフッ酸をエッチャントに用いた場合、PSGのエッチング速度は、B PSGのエッチング速度の7

【0027】次の工程は、図2（D）に示されるように、コア突出部9を熱によるリフローイングによって半球状に成形し光導波路4の端面にコア突出部（レンズ）6を形成して、工程は終了する。

【0028】次に、図3を参照して第2の製造方法について説明する。第2の製造方法が上記第1の製造方法と異なる点は、コア突出部12の基板5とは反対のコア面上に上層クラッド1を堆積する前にマスク11を設けることである。コア2を露出させる際のエッチングは露出面の導波路端面7および上層クラッド1上面の両方から進行するため、下層クラッド3のエッチング速度が遅れ、コア突出部12の形状が上下で異なり非対称になる。この非対称を防止するためにマスク11が設けられる。マスク11により、コア2の上層クラッド1側のエッチングの進行を遅らせることができる。この結果、コア突出部12の形状を上下対称にすることができる。

【0029】なお、マスク11の材料は、上層クラッド1を成膜の際の温度に耐え、かつバッファードフッ酸に対する耐性があればよく、マスク11の材料には、例えば、タングステンシリサイド（WSi）などが用いられる。マスク11は、コア突出部12が露出した後に除去される。以降の工程は、上述と同様である。

【0030】次に、図4を参照して第3の製造方法について説明する。第3の製造方法が図2で示された第1の製造方法と異なる点は、導波路端面7が形成された後、導波路端面7付近で基板13の表面の一部をエッチングにより除去することである。基板13のエッチングは光導波路4で導波路端面7付近の接触面下部に食い込む程

6

度まで行われる。食い込みの距離は露出させるコア突出部14の長さとはほぼ同じ程度でよい。

【0031】この工程により成形された除去部分はバッファードフッ酸による導波路端面7付近のエッチングをクラッド1、3の両面において上下両面から対称的に進行させるので、コア突出部14の良好な形状を容易に得ることができる。以降の工程は、上述の第1の製造方法と同様である。

【0032】ところで、シリコン基板のエッチングには、水酸化カリウム（KOH）溶液などをエッチャントとした異方性エッチングを適用することができる。水酸化カリウム溶液を用いた異方性エッチングでは、シリコン基板の（1，0，0）面のエッチングの進行が最も早く、（1，1，1）面のエッチングの進行が極めて遅いため、（1，1，1）面を残してエッチングが進行する。

【0033】図5は、光導波路4をマスクとして基板14に異方性エッチングを行った結果の形状を示す平面図および側面説明図である。ここで、光導波路4の下部までエッチングが進行しているのは、各コーナーで、

（1，1，1）面以外の面が出るためであり、この形状はコーナーカットと呼ばれている。このコーナーカットの大きさはエッチングを行なう時間によって制御されている。

【0034】石英系材料のリフローイング温度はよく知られており、例えばB PSGの場合で摂氏約800度であり、G PSGの場合で摂氏850度前後、PSGの場合で摂氏900度以上である。従って、光導波路に用いた材料組成に対応して適切な加熱温度を選択すれば、コア突出部によるレンズを容易に得ることができる。

【0035】例えば、コア部材をB PSG、またクラッド部材をPSGで構成した場合、摂氏800度のリフローイング温度によってコア部材のみがリフローイングされ、クラッド部材はほとんど影響を受けない。この場合、加熱箇所はコア突出部が含まれた露出箇所であればどこでもよい。このように加熱箇所は広範囲にわたっても問題ないため、アニールヒーターなどによる加熱が可能であるが、コア突出部付近のみの局所的な加熱には、CO₂ レーザまたはAr レーザなどによるレーザ光の照射を用いることもできる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、同一基板上に半導体レーザと共に成形される光導波路の、半導体レーザの放射光を受ける端面に小さな曲率半径を有する半球状の露出したコア突出部をレンズとして有する光回路が得られる。この構成および製造方法によって、コア突出部は、レンズ機能により半導体レーザの放射光を受けて集光すると共に光導波路の一部として光路上にあるので高効率の安定した光結合を得ることができ、また、温度変化および振動衝撃などに対する高信頼

(5)

特開平9-304664

7

性を得ることができると共に、レンズとして特別な部品または材料を不要としているので量産性および低コスト化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態を示す側面説明図である。

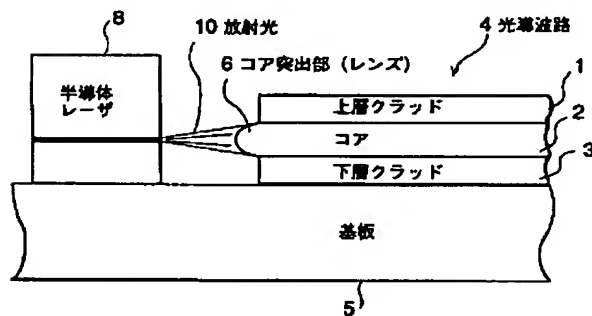
【図2】本発明の第1の実施例を示す製造工程説明図である。

【図3】本発明の第2の実施例を示す製造工程部分説明図である。

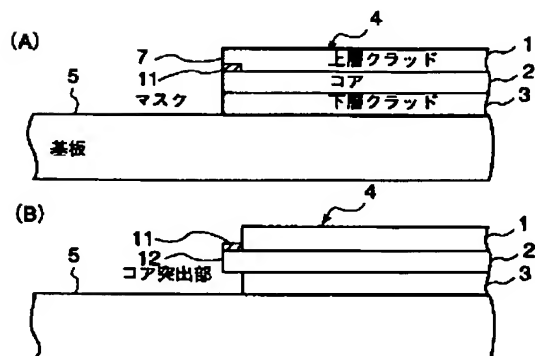
【図4】本発明の第3の実施例を示す製造工程部分説明図である。

【図5】本発明の第3の実施例で異方性エッチングを示す説明図である。

【図1】



【図3】



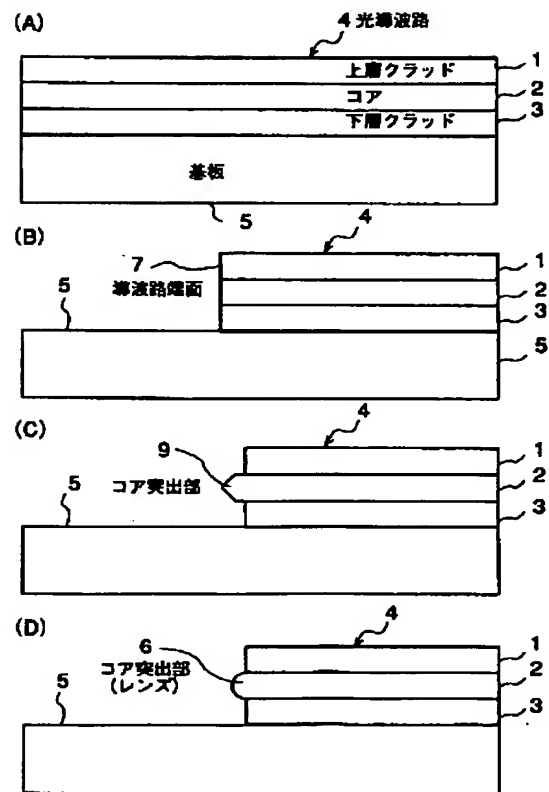
8

【図6】従来の一例を示す機能ブロック図である。

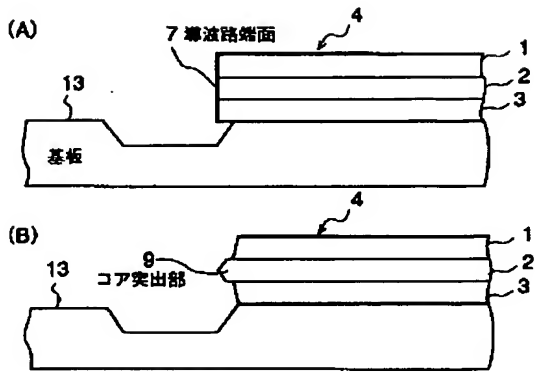
【符号の説明】

- 1 上層クラッド
- 2 コア
- 3 下層クラッド
- 4 光導波路
- 5、13、14 基板
- 6 コア突出部（レンズ）
- 7 導波路端面
- 8 半導体レーザ
- 9、12 コア突出部
- 10 放射光
- 11 マスク

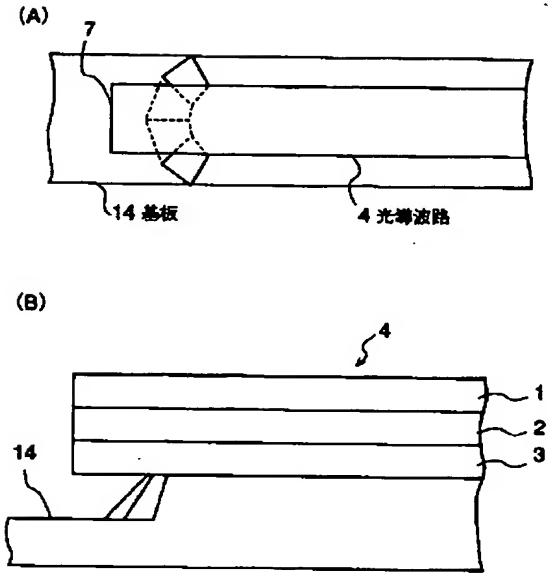
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

